

## 磷肥不同用量对棉花干物质及氮磷钾吸收分配的影响

戴婷婷, 盛建东\*, 陈波浪

(新疆农业大学草业与环境科学学院, 新疆 乌鲁木齐 830052)

**摘要:** 通过田间试验, 研究了磷肥不同用量对棉花干物质积累、产量及氮磷钾吸收、积累、分配的影响。结果表明: 增施磷肥可以增加棉花干物质质量、产量和氮磷钾素的积累量, 但过量施用磷肥增加效果并不明显。当磷肥用量( $P_2O_5$ )为  $75 \sim 150 \text{ kg} \cdot \text{hm}^2$  时, 对棉花干物质积累、产量和棉花各器官氮磷钾素的积累有明显的促进作用, 棉花花铃期干物质积累和棉花各器官氮磷钾的积累量分别比对照平均提高了 24.6%、30.7%、55.9% 和 36.4%; 吐絮期干物质积累、产量和棉花各器官氮磷钾的积累量分别比对照平均提高了 33.4%、39.9%、49.1%、47.7% 和 53.0%。

**关键词:** 棉花; 干物质积累; 磷肥用量

**中图分类号:** S562.048 **文献标识码:** A

**文章编号:** 1002-7807(2010)05-0466-05

## Effect of Different Phosphorus Fertilizer Rate on Dry Matter Accumulation and the Absorption and Distribution of Nitrogen, Phosphorous, Potassium of Cotton

DAI Ting-ting, SHENG Jian-dong\*, CHEN Bo-lang

(Faculty of Glassland & Environment Sciences, Xinjiang Agricultural University, Urumqi, Xinjiang 830052, China)

**Abstract:** According to the field experiment, we studied the effect of different phosphorus fertilizer rate on dry matter accumulation, yield, absorption and distribution of nitrogen, phosphorous, potassium of cotton. Results suggested that increase the phosphorus fertilizer rate can enhance the dry matter accumulation, yield, absorption and distribution of nitrogen, phosphorous, and potassium of cotton, compared with the treatment of  $P_0$ , but the more is not obviously, and there is a obviously significant improvement effect on dry matter accumulation, yield, accumulation of nitrogen, phosphorous, potassium of cotton while  $P_2O_5$  was applied at  $75 \sim 150 \text{ kg} \cdot \text{hm}^2$ . Compared with the treatment of  $P_0$ , the average of dry matter accumulation, accumulation of nitrogen, phosphorous, and potassium of cotton in flower and boll stage increased by 24.6%, 30.7%, 55.9%, 36.4%, respectively; the average of dry matter accumulation, yield, accumulation of nitrogen, phosphorous, and potassium of cotton in opening stage increased by 33.4%, 39.9%, 49.1%, 47.7%, 53.0%, respectively.

**Key words:** cotton; dry matter accumulation; phosphorus fertilizer rate

磷是植物必需的大量营养元素之一, 在植物生长发育过程中起重要作用。它是构成植物体内许多重要有机化合物如核酸、磷脂等的组成成分<sup>[1]</sup>, 而且还以多种途径参与光合作用的光磷酸化和碳同化等重要过程, 在人类赖以生存的土壤-植物-动物生态系统中起着不可替代的作用<sup>[2]</sup>。在棉花各生育期, 干物质积累及分配是形成产量的基础, 直接影响到经济产量的形成和棉花品质, 反映了养分的有效吸收状况。同时, 其生殖器

官也是接受和贮存光合产物的库<sup>[3]</sup>。

近年来, 有关磷不同水平下植物氮磷钾吸收分配规律的研究已有报道<sup>[4-6]</sup>, 对棉花植株上也主要集中在棉花干物质积累规律及其分配规律的研究上<sup>[7-10]</sup>, 而缺乏磷不同水平对棉花干物质积累及其氮磷钾吸收积累分配的影响的研究。为此, 本文开展磷肥不同施用量对棉花产量及氮磷钾吸收积累分配的影响的研究, 从而为进一步改善棉花栽培措施、推进科学施肥以及提高产量提

收稿日期: 2010-02-20 作者简介: 戴婷婷(1985-), 女, 在读硕士; \* 通讯作者, [sjd\\_2004@126.com](mailto:sjd_2004@126.com)

基金项目: 新疆维吾尔自治区“十一五”重大专项(200731133-2); 新疆维吾尔自治区高校科研计划青年启动项目(XJEDU 2008S17); 新疆维吾尔自治区土壤学重点学科项目

供科学依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 试验区概况

试验于 2008 年在新疆库尔勒市包头湖农场进行。该农场位于塔里木盆地东北边缘(86°07'E,

41°46'N),距市区约 30 km。所在地区属于大陆性气候,干旱少雨、蒸发量大、日照长、昼夜温差大,年均太阳辐射 6000 MJ·m<sup>-2</sup>,日照时数 3092.3 h,年均气温 13.2℃,≥0℃积温 4714.5℃,≥10℃积温 4301.5℃,无霜期为 212 d,年均降雨量 47 mm,蒸发量 2500 mm。砂壤土,试验区土壤基本性状见表 1。

表 1 试验区土壤的主要理化性质

采样深度 /cm	有机质 /(g·kg <sup>-1</sup> )	全氮 /(g·kg <sup>-1</sup> )	全磷 /(g·kg <sup>-1</sup> )	全钾 /(g·kg <sup>-1</sup> )	碱解氮 /(mg·kg <sup>-1</sup> )	速效磷 /(mg·kg <sup>-1</sup> )	速效钾 /(mg·kg <sup>-1</sup> )	总盐 /(g·kg <sup>-1</sup> )	pH 水:土=1:1
0~20	14.62	2.75	1.58	10.24	16.58	14.64	186.25	11.5	8.0
20~40	12.65	2.50	1.39	10.10	17.21	10.90	175.13	14.0	8.0

### 1.2 试验设计

采用单因素随机区组设计。2008 年 4 月 12 日播种,设 7 个施磷水平(以 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 计),分别为每公顷 0 kg、75 kg、150 kg、300 kg、600 kg、1200 kg、2400 kg,在文中分别以 P<sub>0</sub>、P<sub>1</sub>、P<sub>2</sub>、P<sub>3</sub>、P<sub>4</sub>、P<sub>5</sub>、P<sub>6</sub> 表示。氮肥和钾肥施用量分别为每公顷 600 kg 和 120 kg。氮肥 50%作为基肥,50%作为追肥,磷肥和钾肥全部作为基肥施用。供试肥料分别为重过磷酸钙、尿素和硫酸钾。3 次重复,共 21 个小区。供试棉花品种为新陆中 21。田间管理与当地大田措施一致。

### 1.3 样品采集及测定

在棉花生长旺盛时期的花铃期(7 月 22 日)和吐絮期(9 月 12 日),各处理分别选取长势均匀的棉花 4 株,将根(子叶节以下部分)、茎、叶(含叶柄)、花铃、铃等器官分开,洗净,在 105℃的烘箱中杀青 30 min,然后在 70℃下烘干至恒重,称重并计算各处理干物质质量。之后对各生育期棉花植株样品按根、茎、叶、花、铃壳、子棉分别粉碎,进行氮磷钾养分含量的测定。

样品采用浓 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 消煮,奈氏比色法测定全氮,钒钼黄比色法测定全磷,火焰光度计法测定全钾。棉花成熟后,对各小区进行测产。测产方法采用每小区株数的平均铃数为小区的单株铃数;棉花吐絮后,每个小区选取 30 朵子棉测定铃重,平均后计算小区产量,然后折算成单位面积产量。

### 1.4 数据分析

数据采用 SPSS 13.0、DPS 3.0 和 Excel 2003 等统计分析软件进行分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 施磷对棉花干物质积累分配的影响

从表 2 可以看出,与对照相比,施磷均能增加棉花各器官中干物质积累量,但磷肥不同用量下棉花各器官的干物质积累表现不同。花铃期施磷各处理干物质积累量均比 P<sub>0</sub> 处理高,尤以 P<sub>1</sub> 和 P<sub>2</sub> 处理各器官干物质积累量相对较高,茎、叶、花铃及整株干物质均显著高于 P<sub>0</sub> 处理,分别比 P<sub>0</sub> 处理提高了 23.7%、22.3%、25.2%、25.4% 和 38.0%、10.3%、29.5%、23.7%;吐絮期不同处理间各器官干物质积累量相对较高的也为 P<sub>1</sub> 和 P<sub>2</sub> 处理,茎、叶、花铃及整株干物质显著高于 P<sub>0</sub> 处理,比 P<sub>0</sub> 处理分别提高了 16.0%、19.6%、39.6%、29.1% 和 27.8%、60.9%、35.8%、37.7%。说明施磷有利于植株干物质的积累,但过多施入磷肥对干物质积累的影响不明显。

从表 2 还可以看出,花铃期不同施磷量棉花各器官在整株中的比例分配表现出叶>茎>蕾铃>根,分别占到总干物质重的 40.2%~45.1%、27.9%~31.5%、15.2%~16.6% 和 10.1%~11.9%,冠根比在 7.40:1~8.94:1 之间,而各处理之间差异不明显;吐絮期不同施磷量棉花各器官在整株中的比例分配表现出蕾铃>茎>叶>根,分别占整株总量的 49.0%~56.2%、20.1%~24.4%、16.5%~22.0% 和 6.2%~7.5%。

### 2.2 施磷对棉花产量的影响

磷肥不同用量对棉花产量的影响如表 3 所示。从表 3 中可以看出,施磷能够增加棉花子棉产量(除 P<sub>5</sub> 外),与 P<sub>0</sub> 相比都显著提高了棉花产

量,但  $P_4$ 、 $P_5$  和  $P_6$  处理磷肥用量过大,实际生产中不可采取;而  $P_1$ 、 $P_2$  和  $P_3$  处理中, $P_2$  和  $P_1$  处理的棉花子棉产量又相对较高,均达到  $5600 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$

以上,比  $P_0$  分别提高了 43.4% 和 36.5%。由此说明  $P_2$  和  $P_1$  处理,即施磷量在  $75 \sim 150 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$  时,产量水平较优。

表 2 棉花各器官干物质积累量

Table 2 Cotton dry matter accumulation in each organ

生育时期	处理	根		茎		叶		蕾铃		整株重 /(g·株 <sup>-1</sup> )
		/(g·株 <sup>-1</sup> )	%	/(g·株 <sup>-1</sup> )	%	/(g·株 <sup>-1</sup> )	%	/(g·株 <sup>-1</sup> )	%	
花铃期	$P_0$	3.16a	10.06	8.86b	28.24	14.16b	45.12	5.20c	16.57	31.38b
	$P_1$	4.57a	11.60	10.96a	27.85	17.32a	44.00	6.51ab	16.55	39.36a
	$P_2$	4.25a	10.94	12.23a	31.49	15.62ab	40.23	6.73a	17.34	38.82a
	$P_3$	4.20a	11.90	10.19ab	28.86	15.56ab	44.07	5.35bc	15.17	35.30ab
	$P_4$	4.08a	11.04	11.57a	31.32	15.43ab	41.76	5.87abc	15.89	36.94ab
	$P_5$	3.78a	10.70	10.63ab	30.10	15.16ab	42.92	5.75abc	16.29	35.31ab
	$P_6$	4.14a	11.87	10.60ab	30.41	14.53b	41.67	5.60abc	16.06	34.86ab
吐絮期	$P_0$	5.24a	7.23	16.37c	22.58	12.90e	17.79	37.97bc	52.39	72.48b
	$P_1$	6.16a	6.59	18.98ab	20.29	15.43cd	16.49	53.00a	56.64	93.57a
	$P_2$	6.56a	6.57	20.92a	20.96	20.75a	20.79	51.57a	51.67	99.79a
	$P_3$	5.46a	6.21	18.14bc	20.64	19.33ab	22.00	44.92a	51.14	87.84a
	$P_4$	5.89a	6.62	18.36bc	20.65	16.49c	18.55	48.17a	54.18	88.91a
	$P_5$	5.49a	7.47	17.91bc	24.40	14.07de	19.16	35.95c	48.97	73.42b
	$P_6$	5.28a	6.17	17.22bc	20.14	17.09bc	19.99	45.91ab	53.69	85.50ab

注:表中字母相同表示差异不显著,字母不同表示差异显著( $P < 0.05$ ),下同。

表 3 施磷对棉花产量的影响

Table 3 The effect of applying phosphate fertilizer on cotton production

处理	$P_0$	$P_1$	$P_2$	$P_3$	$P_4$	$P_5$	$P_6$
子棉产量/(kg·hm <sup>2</sup> )	4160.05b	5676.71a	5966.13a	5279.69a	5468.08a	4482.92b	5445.08a

### 2.3 施磷对棉花磷素积累分配的影响

磷肥不同用量各器官中磷素的积累分配见表 4。花铃期各处理根中磷素积累量与  $P_0$  处理相比变化不明显,茎、叶、花铃各器官磷素积累量以  $P_2$  处理较高,分别比  $P_0$  增加了 93.9%、50.8%和

83.2%;吐絮期  $P_2$  处理根、茎、叶、棉铃各器官磷素积累量比其它处理高,分别比  $P_0$  处理提高了 101.6%、119.7%、68.4%和 51.3%。由此可以看出,在棉花生长的这 2 个关键时期, $P_2$  处理有利于棉花各器官中磷素的积累。

表 4 棉花各器官磷素积累量

Table 4 Cotton phosphorus accumulation in each organ

处理	根/(mg·株 <sup>-1</sup> )		茎/(mg·株 <sup>-1</sup> )		叶/(mg·株 <sup>-1</sup> )		蕾铃/(mg·株 <sup>-1</sup> )	
	花铃期	吐絮期	花铃期	吐絮期	花铃期	吐絮期	花铃期	吐絮期
$P_0$	5.27a	2.70b	13.56b	6.57b	17.28b	47.84b	9.78b	157.46b
$P_1$	8.36a	3.42ab	17.65ab	7.58b	23.70ab	58.34ab	13.15ab	225.92ab
$P_2$	9.93a	5.44a	26.29a	14.43a	26.05a	80.54a	17.91a	238.24a
$P_3$	9.75a	4.46ab	21.49ab	8.81b	23.65ab	68.21ab	13.44ab	206.19ab
$P_4$	9.58a	4.94ab	24.06ab	11.74ab	22.61ab	63.81ab	14.91ab	220.15ab
$P_5$	8.69a	4.39ab	22.10ab	12.01ab	23.20ab	53.14b	14.78ab	164.96ab
$P_6$	9.33a	4.31ab	22.89ab	11.99ab	22.13ab	64.19ab	14.10ab	204.75ab

### 2.4 施磷对棉花氮素积累分配的影响

表 5 显示了磷肥不同用量下棉花各器官氮素积累的动态。增加磷肥施用量能够提高棉花各器官中氮素积累量。在磷肥不同用量下,花铃期根、茎、叶、花铃器官中氮素积累量以  $P_2$  和  $P_1$  处

理较高,分别比  $P_0$  处理增加了 71.8%、51.7%、23.2%、33.8%和 56.9%、35.7%、27.2%、29.3%。吐絮期根、茎、叶、棉铃器官中氮素积累量变化与花铃期表现略有不同,茎和棉铃同样为  $P_2$  和  $P_1$  处理较高,分别比  $P_0$  处理提高了 31.1%、47.5%和

23.5%、50.7%;而根表现为  $P_6$  和  $P_2$  较高,分别比  $P_0$  处理提高了 49.1%和 30.2%;叶表现为  $P_2$  和  $P_3$  较高,分别比  $P_0$  处理提高了 85.4%和 51.1%。通

过比较,在棉花生长的这 2 个关键时期, $P_2$  和  $P_1$  处理对棉花各器官中氮素的积累表现较优,过多施用磷肥对棉花各器官氮素积累影响不大。

表 5 棉花各器官氮素积累量

Table 5 Cotton nitrogen accumulation in each organ

处理	根/(mg·株 <sup>-1</sup> )		茎/(mg·株 <sup>-1</sup> )		叶/(mg·株 <sup>-1</sup> )		蕾铃/(mg·株 <sup>-1</sup> )	
	花铃期	吐絮期	花铃期	吐絮期	花铃期	吐絮期	花铃期	吐絮期
$P_0$	19.21b	13.88bc	129.58b	85.27bc	449.60c	291.63c	167.61b	1072.90b
$P_1$	29.81a	14.83bc	175.89a	105.31ab	572.06a	374.97bc	216.76a	1617.07a
$P_2$	33.01a	18.06ab	196.57a	111.77a	553.67ab	540.57a	224.29a	1582.51a
$P_3$	29.61ab	12.89c	161.06ab	82.42bc	497.93bc	440.50ab	182.16ab	1284.63ab
$P_4$	27.39ab	12.56c	175.40a	93.80abc	493.58bc	357.76bc	208.19ab	1391.60ab
$P_5$	26.63ab	13.24bc	163.46ab	92.94abc	500.20bc	365.30bc	200.66ab	1063.50b
$P_6$	29.35ab	20.69a	166.64ab	81.97c	467.29c	419.13abc	184.64ab	1347.51ab

### 2.5 施磷对棉花钾素积累分配的影响

磷肥不同用量棉花各器官钾素积累的动态见表 6。增加磷肥施用量能够提高棉花各器官中钾素积累量。在磷肥不同用量下,花铃期各处理叶中钾素积累量与  $P_0$  处理差异不明显,而根和花铃表现为  $P_2$  处理较高,比  $P_0$  处理分别增加了 90.8%、47.5%;茎表现为  $P_2$  和  $P_4$  处理较高,分别比  $P_0$  处理增加了 46.6%和 35.2%。吐絮期根中钾

素积累量差异不显著,茎中钾素积累量表现为  $P_2$  处理比其它处理高,比  $P_0$  处理提高了 43.4%;叶表现为  $P_2$  和  $P_3$  处理较高,分别比  $P_0$  处理提高了 65.1%和 50.6%;棉铃表现为  $P_2$  和  $P_4$  处理较高,分别比  $P_0$  处理提高了 66.9%和 56.8%。由以上分析可以得出,在棉花生长的这 2 个关键时期, $P_2$  处理较有利于棉花各器官中钾素的积累。过多施用磷肥对棉花各器官钾素积累影响不大。

表 6 棉花各器官钾素积累量

Table 6 Cotton potassium accumulation in each organ

处理	根/(mg·株 <sup>-1</sup> )		茎/(mg·株 <sup>-1</sup> )		叶/(mg·株 <sup>-1</sup> )		蕾铃/(mg·株 <sup>-1</sup> )	
	花铃期	吐絮期	花铃期	吐絮期	花铃期	吐絮期	花铃期	吐絮期
$P_0$	24.53b	57.74a	141.56c	337.15b	193.00a	353.11c	63.25b	1952.88b
$P_1$	38.54ab	69.15a	163.96abc	404.35ab	268.44a	428.24bc	79.63ab	2955.48ab
$P_2$	46.80a	82.31a	207.57a	483.63a	253.65a	583.03a	93.30a	3259.53a
$P_3$	34.81ab	68.79a	160.09abc	420.00ab	236.37a	531.69ab	68.94ab	2724.58ab
$P_4$	32.89ab	73.97a	191.41ab	410.60ab	246.01a	459.25abc	74.99ab	3061.78a
$P_5$	33.67ab	75.30a	172.63abc	411.09ab	243.55a	381.16c	76.77ab	2273.90ab
$P_6$	35.75ab	72.23a	149.06bc	386.80ab	229.62a	479.59abc	72.95ab	3015.26ab

### 3 讨论与结论

在棉花各生育期,干物质的积累对棉花产量高低和品质优劣有直接的影响,生物量累积是以养分吸收为基础的,它反映了养分的有效吸收状况。本研究表明,施磷( $P_2O_5$ )在 75~150 kg·hm<sup>-2</sup> 范围内对棉花各器官(除根外)干物质积累有显著影响,但继续追施磷肥对干物质积累影响不大,干物质积累量反而有所下降,这与董合林<sup>[11]</sup>的研究结果一致。

作物高产、优质是以较高的生物量为前提,而生物量累积和产量的形成以养分吸收为基

础<sup>[12-13]</sup>。本研究表明,磷肥不同施用量下,施用  $P_2O_5$  75~150 kg·hm<sup>-2</sup> 较为合理,有利于棉花花铃期和吐絮期植株氮素积累,从而为干物质积累和产量形成提供保证。杨建峰等<sup>[14]</sup>的研究结果表明,植株体内的磷浓度与施磷水平有密切关系,植株磷浓度随施磷量减少而降低。本研究表明,花铃期和吐絮期加施磷肥有利于棉花植株各器官的磷素积累,不同处理间表现出施用  $P_2O_5$  150 kg·hm<sup>-2</sup> 时显著高于对照处理,能够增加植株对磷素的吸收累积。磷与钾能防治生理性病害,增强作物抵抗病原微生物侵入的能力,还能使防止侵入作物体内的病原微生物发病<sup>[6]</sup>。本研究表明,磷

肥不同施用量对棉花花铃期和吐絮期植株钾素积累量之间影响不同,施用  $75 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$  和  $150 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$  时较好。由此说明,施磷量在  $75 \sim 150 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$  间较为合理,有利于吐絮期棉花各器官钾素的累积。

综合以上分析,对比分析产量各构成要素以及各器官氮磷钾素积累可以看出,施磷量在  $75 \sim 150 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$  下,对棉花干物质的积累以及棉花各器官对养分吸收积累量有较大贡献,且施磷量在  $75 \sim 150 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$  时子棉产量较优,达到  $5600 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$  以上,可以作为磷肥合理的施用量。

#### 参考文献:

- [1] 潘晓华,石庆华,郭进耀. 无机磷对植物叶片光合作用的影响及其机理的研究进展[J]. 植物营养与肥料学报,1997,3(3):201-208.  
PAN Xiao-hua, Shi Qing-hua, Guo Jin-yao. Advance in the study of effects of inorganic phosphate on plant leaf photosynthesis and its mechanism[J]. Plant Nutrition and Fertilizer Science, 1997, 3(3):201-208.
- [2] 王庆仁,李继云,李振声. 高效利用土壤磷素的植物营养学研究[J]. 生态学报,1999,19(3):417-421.  
WANG Qing-ren, Li Ji-yun, Li Zhen-sheng. Studies on plant nutrition of efficient utility for soil phosphorus[J]. Acta Ecologic Sinica, 1999, 19(3):417-421.
- [3] 陆景陵. 植物营养学[M]. 北京:中国农业大学出版社,1995:154-163.  
LU Jing-ling. Plant nutrition[M]. Beijing: China Agricultural University Press,1995: 154-163.
- [4] 谢文艳,周怀平,关春林,等. 旱地春谷子不同生育期吸收氮磷钾养分的特点[J]. 中国农学通报,2009,25(3):158-163.  
XIE Wen-yan, Zhou Huai-ping, Guan Chun-lin, et al. The characteristics in uptaking of nitrogen phosphorus and potassium in different growth stages of dryland spring millet[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2009, 25(3): 158-163.
- [5] 郭再华,贺立源,徐才国. 磷水平对不同耐低磷水稻苗根系生长及氮、磷、钾吸收的影响[J]. 应用与环境生物学报,2006,12(4):449-452.  
GUO Zai-hua, HE Li-yuan, Xu Cai-guo. Effect of phosphorus level on root growth and N,P& K uptake of rice with different P efficiencies at seedling stage[J]. Chinese Journal of Applied and Environmental biology, 2006,12(4):449-452.
- [6] 蔡柏岩,葛菁萍,金惠玉,等. 磷素水平对不同大豆品种钾素吸收效率的影响[J]. 大豆科学,2006,25(1):42-47.  
CAI Bai-yan, Ge Jing-ping, Jin Hui-yu, et al. The effect on phosphorus amount to potassium absorb efficiency of different soybean cultivars[J]. Soybean Science, 2006,25(1):42-47.
- [7] 马勤建,王登伟,黄春燕,等. 棉花叶面积指数和地上干物质积累量的高光谱估算模型研究[J]. 棉花学报,2008,20(3):217-222.  
MA Qin-jian, Wang Deng-wei, Huang Chun-yan, et al. Hyper-spectral estimating modelings of cotton LAI and the above-ground dry matter accumulation[J]. Cotton Science, 2008, 20(3): 217-222.
- [8] 郑德明,姜益娟,朱朝明,等. 南疆棉花高产栽培干物质积累和生长发育动态研究[J]. 中国棉花,1999,26(7):17-18.  
ZHENG De-ming, Jiang Yi-juan, Zhu Chao-ming, et al. Study of dry matter accumulation and growth of cotton high yield cultivation in South Xinjiang[J]. China Cotton,1999, 26(7): 17-18.
- [9] 刘洪,余振荣,潘学标. 不同类型棉花品种干物质积累及分配规律的研究[J]. 中国棉花,2002,29(5):18-20.  
LIU Hong, Yu Zhen-rong, Pan Xue-biao. Studies on dry matter accumulation and allocation of different cotton varieties[J]. China Cotton, 2002, 29(5): 18-20.
- [10] 李蕾,娄春恒,文如镜,等. 新疆不同密度下棉花干物质积累及其分配规律研究[J]. 西北农业学报,1996,5(2):10-14.  
LI Lei, Lou Chun-heng, Wen Ru-jing, et al. Study on the dry matter accumulation and distribution with various densities in cotton [J]. Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica, 1996, 5(2):10-14.
- [11] 董合林. 我国棉花施肥研究进展[J]. 棉花学报,2007,19(5):378-384.  
DONG He-lin. Research progress on fertilization technology of cotton[J].Cotton Science, 2007, 19(5):378-384.
- [12] DAMISCH W. Biomass yield a topical issue in modern wheat breeding programmes[J]. Plant Breeding, 1996, 107: 11-17.
- [13] WATT M S, Clinton P W, Whitehead E, et al. Above-ground biomass accumulation and nitrogen fixation of broom ( *Cytisus scoparius* L. ) growing with juvenile *Pinus radiata* on a dryland site[J]. Forest Ecology and Management, 2003, 184: 93-104.
- [14] 杨建峰,贺立源,左雪冬,等. 不同 pH 低磷土壤上水稻磷营养特性研究[J]. 植物营养与肥料学报,2009,15(1):62-68.  
YANG Jian-feng, He Li-yuan, Zuo Xue-dong, et al. Phosphorous nutritional characteristics of rice in P-deficient soil with different pH values[J]. Plant Nutrition and Fertilizer Science, 2009,15(1): 62-68. ●